

GEOPROSTORNA EVALUACIJA OPŠTINE HERCEG NOVI ZA POTREBE ODREĐIVANJA POGODNIH LOKACIJA ZA IZGRADNJU SFN POSTROJENJA

Ana Lukić¹, Milica Lukić²

Apstrakt: Cilj rada jeste sagledavanje realnih mogućnosti i identifikacija najpovoljnijih lokacija za potrebe izgradnje solarnih fotonaponskih postrojenja (SFNP) na području opštine Herceg Novi. Crna Gora, smeštena u jugoistočnom delu evropskog kontinenta sa izlaskom na Jadransko more, bogata je brojnim prirodnim reursima i obiluje energetske potencijalima. Klimatske karakteristike podneblja pogoduju korišćenju solarne energije, kako u primorskom tako i u kontinentalnom delu. S prosečno 2500 sunčanih sati u godini, jadranska obala Crne Gore je jedna od najsunčanijih u Sredozemlju. Sprovedenom analizom obuhvaćeno je područje površine 242.37 km² (administrativno područje opštine Herceg Novi). Geoprostorna evaluacija zasnovana je na tri osnovna kriterijuma: ekspozicija, nagib terena i način korišćenja zemljišta. U radu je primenjen metod eliminacije u kombinaciji sa savremenim metodama u geoprostornim istraživanjima (GIS). Na osnovu navedenih geoprostornih faktora izrađene su tematske karte, a kasnije njihovim preklapanjem dobijena je sintezna karta pogodnosti terena za izgradnju SFN postrojenja.

Ključne reči: Solarna energija, SFN postrojenja, Herceg Novi, GIS

GEOSPATIAL EVALUATION OF HERCEG NOVI MUNICIPALITY FOR THE NEEDS OF DETERMINATION OF SUITABLE LOCATIONS FOR THE CONSTRUCTION OF PV PLANTS

Abstract: The aim of this paper is to examine the real possibilities and identify the most suitable locations for the construction of Solar Photovoltaic Plants (PVP) in the area of the municipality Herceg Novi. Montenegro, located in the southeastern part of the European continent with access to the Adriatic Sea, is rich in natural resources and abundant in energy potential. The climatic characteristics favor the use of solar energy, both in the coastal and inland parts. With an average of 2,500 hours of sunshine a year, the Adriatic coast of Montenegro is one of the sunniest in the Mediterranean. The analysis covered the area of 242 km² (administrative area of Herceg Novi Municipality). Geospatial evaluation is based on three basic criteria: aspect, slope and land use. The method of elimination in combination with modern methods in geospatial research (GIS) was applied in the paper. Based on the mentioned geospatial factors, thematic maps were made and later their overlapping resulted in obtaining a synthesis map of the suitability of the terrain for the construction of the PV plants.

Key words: Solar energy, PV plants, Herceg Novi, GIS

1 student master akademskih studija, Univerzitet u Beogradu-Geografski fakultet,
e-mail: analukic48@gmail.com

2 Istraživač-pripravnik, Univerzitet u Beogradu-Geografski fakultet

Geoprostorna evaluacija opštine Herceg Novi za potrebe određivanja pogodnih lokacija za izgradnju SFN postrojenja

UVOD

Osim što ima pozitivan uticaj na životnu sredinu, obnovljiva energija može osigurati dugoročnu stabilnost energetske ponude. Makroekonomski gledano, uticaj energije iz obnovljivih izvora je gotovo neograničen. Prema nekim pokazateljima, ova vrsta energije u narednom periodu ostvariće najveće stope rasta u globalnoj proizvodnji energije (Apergis, Payne, 2012). Zeinović i Elhaniash (2018) ističu da će 2030. godina biti ključna kada će primat u potrošnji preuzeti obnovljivi izvori, među kojima posebno izdvajaju solarnu, energiju vetra i energiju biomase. Energija Sunca pogodna je za korišćenje jer ne zagađuje okolinu, a nije zanemarljivo ni to što je prisutna u neograničenim količinama. Upotreba solarne energije je višestruko poželjna, jer je u pitanju čist i pouzdan izvor energije (Bošković i dr., 2017). Solarna energija se manifestuje u vidu svetlosti i toplote. Konverzija energije vrši se pomoću termalnih solarnih kolektora i pomoću fotonaponskih ćelija. Ekspanzija fotonaponskih ćelija omogućena je značajnim tehnološkim napretkom u toku poslednje decenije. Sistemi solarne fotovoltaze (PV), koji direktno pretvaraju sunčevu svetlost u električnu energiju, pogodni su za elektrifikaciju kako urbanih, tako i ruralnih oblasti. Ovakvi sistemi mogu se koristiti za proizvodnju električne energije, ispušavanje vode i njeno održavanje, zdravstvene sisteme i komunikacije. (Đereg i dr., 2008). Zbog toga se izgradnja solarnih fotonaponskih postrojenja (SFN) smatra investicijom u energetska sigurnost i nezavisnost.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Opština Herceg Novi smeštena je na krajnjem jugo-zapadu Crne Gore, na granici sa Hrvatskom i Republikom Srpskom. Saobraćajna pristupačnost je izuzetno povoljna, te opština predstavlja jedan od najznačajnijih ubranih centara u primorskom delu Crne Gore. U dosadašnjem razvoju, kao dominantne privredne delatnosti izdvajaju se: turizam, ugostiteljstvo, saobraćaj, brodogradnja, trgovina i privreda na malo. Prema podacima poslednjeg popisa iz 2011. godine opštinu je naseljavalo 30 864 stanovnika, a na osnovu procena iz 2015. godine taj broj je iznosio 32 266. Opština, geografski posmatrano, smeštena je na ulazu u Boku Kotorsku, u podnožju planine Orjen. Klima je mediteranska, koju karakterišu blage zime i topla leta. Herceg Novi ima u proseku preko 285 dana u godini temperaturu koja je veća od 10° C ili 105 dana sa temperaturom većom od 25°C. Prosečan broj sati sa sunčevim zračenjem na godišnjem nivou iznosi 2 399 h. Maksimalna insolacija javlja se u julu (326.7 h), a minimalna u decembru (100.1 h). Količina sunčevog zračenja u Crnoj Gori, posebno u priobalnom delu koja iznosi 1 602 kWh/m², veća je u odnosu na druge gradove jugoistočne Evrope (kao što su Rim ili Atina). (Prostorno-urbanistički plan opštine Herceg Novi sa Izveštajem o SPU, („Sl.list CG op. pr.“ br. 52/18, 04/19)).

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Predmet rada jeste prostor opštine Herceg Novi i potencijal korišćenja solarne energije na datom području. Cilj istraživanja je identifikacija najpovoljnijih područja za izgradnju solarnih fotonaponskih postrojenja (SFN). Analizom je obuhvaćen prostor površine 242.37 km², odnosno administrativno područje opštine Herceg Novi. Evaluacija je izvedena primenom metoda eliminacije u kombinaciji sa modernim metodama u geoprostornim istraživanjima (GIS). Za potrebe evaluacije, geoprostorne analize i kartografske prezentacije rezultata korišćen je GIS softver (QGIS 3.8). Tri osnovna kriterijuma, na kojima je zasnovano istraživanje, su: ekspozicija, nagib terena i način korišćenja zemljišta. Za svaki od pomenutih kriterijuma izrađena je tematska karta, potom je izvršeno njihovo preklapanje čime je dobijena sintezna karta pogodnosti terena za izgradnju SFN postrojenja.

Ekspozicija reljefa

Oblik i karakteristike reljefa bitno utiču na svojstva određenog prostora i na taj način određuju način njegovog korišćenja. Ekspozicija i nagib predstavljaju primarne morfometrijske karakteristike reljefa (Živanović, 2015). Od ekspozicije reljefa zavisi prijem i dužina trajanja Sunčevog sjaja, temperaturne sume i njihove amplitude (Manojlović, Dragičević, 2003). Južno (S), jugo-zapadno (SW) i jugo-istočno (SE) eksponirane padine, zajedno sa ravnim površinama (neeksponiranim) smatraju se najpovoljnijim za izgradnju SFN postrojenja (Milanović, Filipović, 2017). Podaci o ekspoziciji i nagibu dobijeni su na osnovu digitalnog modela visina (engl. Digital Elevation Model, DEM) rezolucije 25 x 25 m. Najveći deo teritorije opštine ima južnu ekspoziciju koju čine padine Orjena i njegovih ogranaka (20.23% ukupne površine) Pogodno eksponirane površine za izgradnju SFN postrojenja pokrivaju 132.49 km², odnosno 54.66% ukupne površine (Tabela br. 1, Karta br.1).

Strane sveta	Povrsina (km ²)	Udeo u ukupnoj površini opštine (%)
N	28.04	11.57
NE	24.10	9.94
E	19.04	7.85
SE	38.47	15.87
S	53.89	22.23
SW	39.09	16.13
W	21.68	8.95
NW	17.02	7.02
Neeksponirano	1.04	0.43

Tabela 1. Ekspozicija reljefa područja opštine Herceg Novi

Nagib terena

Pored ekspozicije, nagib terena je drugi najznačajniji morfometrijski parametar reljefa koji u velikoj meri određuje trajanje i intezitet sunčevog zračenja (Živanović, 2015). Nagib terena ima veliki uticaj na prijem sunčevih zraka, oscilacije temperature podloge i vazduha (Filipović et al., 2020). Prema Milanoviću i Filipoviću (2017) za izgradnju SFN postrojenja pogodne su lokacije sa nagibom do 10°. Razuđeni reljef opštine sa velikim nagibima nad užim priobalnim pojasom karakterišu relativno prostrani pojasevi na višim nadmorskim visinama i ograničenim mogućnostima naseljavanja ljudi i njihove aktivnosti. Pogodne površine prema ovom kriterijumu zauzimaju 74.37 km², odnosno 30.69% ukupne teritorije (Tabela br.2, Karta br.2).

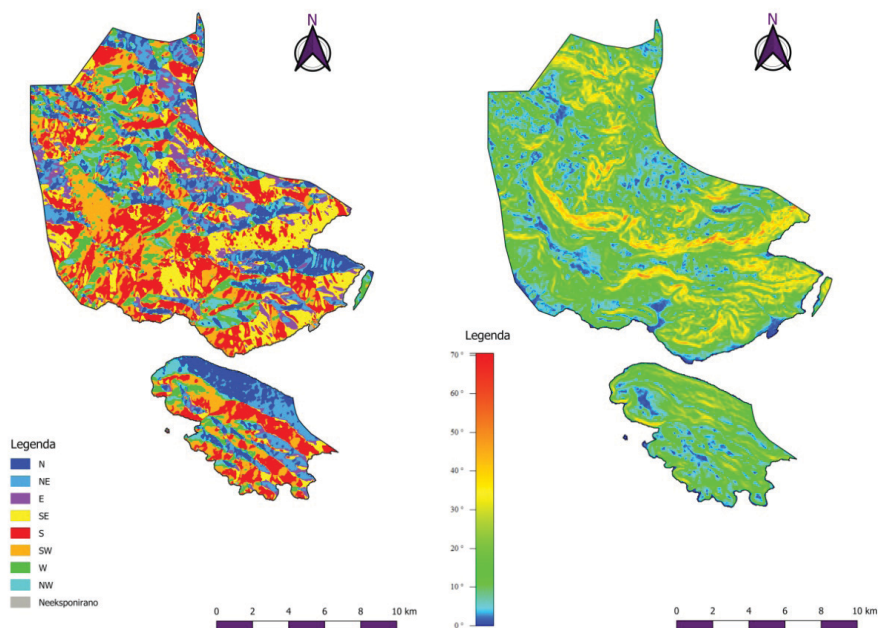
Nagib terena (°)	Povrsina (km ²)	Udeo u ukupnoj površini opštine (%)
0 - 5	27.57	11.38
5 - 10	46.80	19.31
10 - 15	47.38	19.55
15 - 20	39.57	16.33
20 - 25	30.76	12.69
25 - 30	23.35	9.63
30 - 35	14.64	6.04
35 - 40	8.09	3.34
40 - 50	3.97	1.64
50 - 60	0.24	0.10

Tabela 2. Nagib terena opštine Herceg Novi

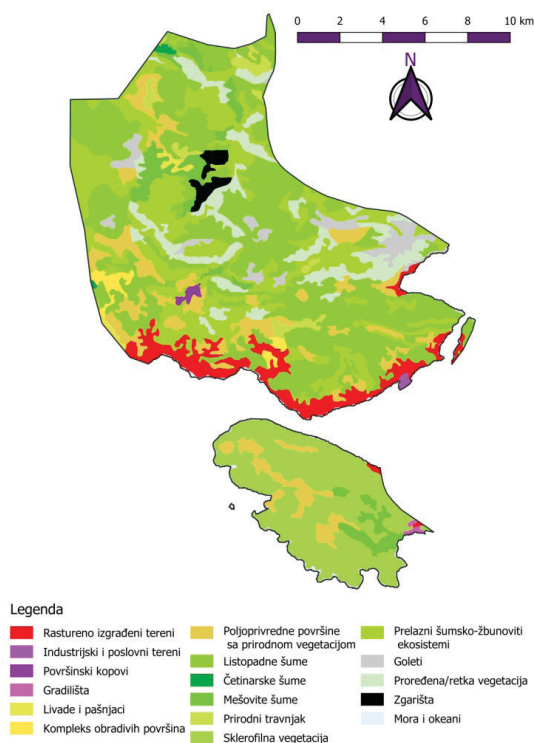
Geoprostorna evaluacija opštine Herceg Novi za potrebe određivanja pogodnih lokacija za izgradnju SFN postrojenja

Način korišćenja zemljišta

Treći geoprostorni kriterijum u istraživanju jeste način korišćenja zemljišta. Analizom Corine Land Cover (2018) digitalne baze podataka, izdate od Evropske agencije za zaštitu životne sredine (EEA), dobijeni su podaci o načinu korišćenja zemljišta na prostoru Herceg Novog. Kao najpogodnije površine za izgradnju SFN postrojenja, odnosno solarnih elektrana, izdvojene su livade i pašnjaci (0.44% ukupne površine), kompleksi obradivih površina (0.94%), poljoprivredne površine sa prirodnom vegetacijom (9.48%), prirodni travnjaci (1.66%), površine na kojima je dominantna sklerofilna vegetacija (13.71%), prelazni šumsko-žbunoviti ekosistemi (20.49%), površine sa proređenom vegetacijom (7.56%), zgarišta (0.95%) i goleti (3.07%). Pogodne površine u pogledu korišćenja zemljišta pokrivaju 141.3 km², odnosno 58.30% ukupne teritorije (Karta br.3). Izgrađeni urbani, industrijski i tereni površinskih kopova se već koriste u svrhe ekonomskih i društvenih aktivnosti, te im je vrlo teško i često neisplativo promeniti namenu. Četinarske, listopadne i mešovite šume predstavljaju jedne od najvrednijih elemenata predela, te se ne mogu razmatrati kao lokacije pogodne za izgradnju ovako velikih postrojenja. Posebno mesto u pogledu očuvanja predela zauzimaju padine planine Orjen, sa značajnim vrstama i staništima, usled čega je sama planina definisana i kao potencijalno zaštićeno područje prirode sa statusom nacionalnog parka (Plan predjela opštine Herceg Novi, 2018).



Karta 1 i 2. Ekspozicija i nagib terena opštine Herceg Novi



Karta 3. Način korišćenja zemljiša na teritoriji opštine Herceg Novi

REZULTATI

Prikupljanjem potrebnih podataka, preklapanjem tematskih karata i sprovođenjem odgovarajućih geoprostornih analiza izvršena je ocena pogodnosti razmatranog područja za potrebe izgradnje solarnih elektrana. Na osnovu dobijenih rezultata, površine pogodne za date namene obuhvataju 20.86 km², odnosno 8.60% ukupne teritorije (Tabela br. 3, Karta br. 4).

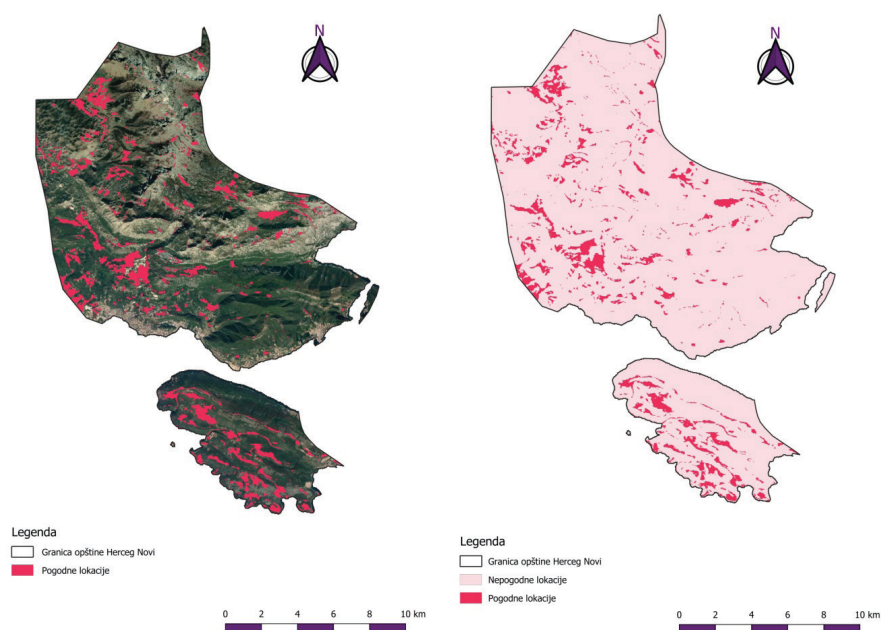
U okviru urbanog područja opštine, koje je gusto izgrađeno i gde dominiraju stambene zone, turistički, ugostiteljski i ostali komercijalni sadržaji, nema mogućnosti za izgradnju i postavljanje velikih instalacija namenjenih konverziji solarne energije. U okviru takvih zona moguće je i veoma poželjno je korišćenje krovnih površina zarad eksploatacije sunčevog zračenja primenom solarnih panela. Na onim lokacijama gde postoje odgovarajući uslovi, poželjno je postaviti solarne panele i to pre svega na objekte javnog značaja, ali i na turističko-ugostiteljske objekte koji se odlikuju velikim brojem korisnika, te visokom potrošnjom električne i toplotne energije. Osim korišćenja krovnih površina, Nasov i saradnici (2014) ukazuju na velike prednosti fasadnih solarnih termičkih kolektora prilikom izgradnje objekata. To su funkcionalni elementi koje je lako uklopiti prilikom arhitektonskog oblikovanja objekta i omogućavaju korišćenje sunčeve energije za proizvodnju toplotne energije i zagrevanje objekta. Fasadni solarni termički kolektori relativno su jednostavni za ugradnju, a mogu se

Geoprostorna evaluacija opštine Herceg Novi za potrebe određivanja pogodnih lokacija za izgradnju SFN postrojenja

primeniti kod svih vrsta objekata (stambenih, proizvodnih ili poslovnih). Maksimalni efekti postižu se njihovim postavljanjem na južnoj strani objekta. Razuđen reljef sa velikim nagibima, brdovito-planinski teren u centralnom, severnom i zapadnom delu opštine još jedan su od razloga manje zastupljenosti terena pogodnih za izgradnju solarnih elektrana. Treći ograničavajući faktor jeste visoka vrednost hercegnovskih predela, zbog kojih manji ili veći delovi predela bokokotorskog zaliva, predela područja Luštice i planinskih predela Orjena zahtevaju zaštitu i očuvanje. Ovi predeli ocenjeni su kao predeli od opšteg značaja za zaštitu prirode, kulturno-istorijskog nasleđa, tradicionalnu poljoprivredu i turizam.

Pogodnost	Povrsina (km ²)	Udeo u ukupnoj površini opštine (%)
Nepogodne lokacije	221.52	91.40%
Pogodne lokacije	20.86	8.60%
Ukupno	242.37	100.00%

Tabela 3. Pogodnost lokacija za izgradnju solarnih elektrana na području opštine Herceg Novi



Karta 4. Pogodne lokacije za izgradnju SFN postrojenja na teritoriji opštine Herceg Novi

ZAKLJUČAK

Osnovni cilj rada jeste identifikacija najpovoljnijih lokacija za potrebe izgradnje solarnih elektrana na prostoru opštine Herceg Novi. Glavni razlozi za geoprostornu evaluaciju Herceg Novog jeste položaj opštine sa izlaskom na Jadransko more i klimatske karakteristike koje pogoduju korišćenju solarne energije (insolacija na godišnjem nivou iznosi 2 399 h). Teritorija Crne Gore

generalno je ocenjena kao pogodna za korišćenje energije Sunca s obzirom da vrednost količine sunčevog zračenja iznosi 1602 kWh/m². Analizom tri najznačajnija geoprostorna faktora – ekspozicija, nagib terena i način korišćenja zemljišta, izdvojeno je područje od 20.86 km², odnosno 8.60% ukupne površine opštine koje pripada kategoriji „pogodnih lokacija“. Pretežnu zastupljenost „nepogodnih lokacija“ treba shvatiti samo uslovno, te je akcenat potrebno staviti na maksimalno iskorišćavanje krovnih i fasadnih površina stambenih i komercijalnih objekata, uz istovremenu izgradnju solarnih elektrana u onim zonama gde je to moguće.

LITERATURA I IZVORI

1. Apergis, N., Payne, J.E. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 34(3), pp 733-738, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.007>
2. Bošković, J., Đurić, K., Turanjanin, D. (2017). Solarni izvori energije u funkciji održivog razvoja. *Ekonomija: teorija i praksa*, 10 (4), str. 49-64.
3. Đereg, N., Jović, Z., Apostol, I. (2008). Obnovljivi izvori energije u Srbiji - preporuke, potencijali i kriterijumi. Subotica: Centar za ekologiju i održivi razvoj.
4. Zeinović, I., Elhanyash, A.E.F. (2018). Obnovljivi izvori energije i održiva energetika. *Ecologica*, Vol. 25, No. 90, str. 301-306.
5. Živanović, S. (2015). Uticaj morfometrijskih parametara reljefa na rizik od šumskih požara. *Časopis Šumarstvo*, 4, str. 127-138.
6. Manojlović, P., Dragičević, S. (2003). *Praktikum iz geomorfologije*. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet.
7. Milanović, M., Filipović, D. (2017). *Informacioni sistemi u planiranju i zaštiti prostora*. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet.
8. Nasov, I.J., Trajkovska-Petkoska, A. (2014). Solar Energy in Architecture - Novel Facade Collectors. *Tehnika*, 69 (1), pp. 27-32, <https://doi.org/10.5937/tehnika1401027N>
9. Plan predjela opštine Herceg Novi (2018). Herceg Novi: Agencija za izgradnju i razvoj Herceg Novi.
10. Prostorno-urbanistički plan opštine Herceg Novi sa Izvještajem o SPU, („Sl.list CG op. pr.“ br. 52/18, 04/19).
11. Filipović, D., Lukić, A., Lukić, M. (2020). Geospatial evaluation of Belgrade (Serbia) for the purposes of determination of suitable locations for the construction of PV plants. *Archives for Technical Sciences*, No. 22 (1), pp 59-66, <http://dx.doi.org/10.7251/afts.2020.1222.059F>
- European Environment Agency (2018). Corine Land Cover 2018, preuzeto sa: <https://land.copernicus.eu/paneurpean/corine-land-cover/clc2018>
- European Environment Agency (2018). EU-DEM, preuzeto sa: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eudem>